

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

**TRABAJO DE FIN DE CARRERA PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

**ELABORACIÓN DE UN MAPA DE RUIDO AMBIENTAL
Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA UBICACIÓN DE
LOS PUNTOS DE MONITOREO PARA LA RED DE
MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL EN EL
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, ZONA 4.
(NORTE DE QUITO)**

**AUTOR:
ANDRÉS FERNANDO IZURIETA CASSOLA**

**DIRECTORA:
ING. KATTY CORAL**

QUITO-ECUADOR

2009

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a mis profesores y amigos, Ing. Katty Coral, Ing. Fabio Villalba y Lic. Ignacio Manríquez, quienes con mucho entusiasmo por este trabajo, participaron activamente en su revisión y corrección, además, prestaron toda su gentil colaboración y apoyo en todo momento durante el desarrollo de este proyecto. Agradezco sus valiosos consejos y frases de aliento cuando las circunstancias se tornaron difíciles. También quiero agradecer a todos los profesores de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK, quienes también colaboraron para la realización de este trabajo.

Por otra parte, agradezco de sobremanera a dos amigos muy especiales, los Ingenieros Santiago Gómez y Juan Pablo Baquero, que de igual forma, colaboraron con sus valiosos consejos y gestiones, que en la medida de las circunstancias, ayudaron a aclarar dudas en momentos de apremio.

Adicionalmente, agradezco al personal de CORPAIRE y a la institución como tal, gracias a ellos este proyecto pudo ser presentado. En especial agradezco al Dr. Jorge Oviedo, Ing. Bladimir Ibarra, Ing. Marco Moreira, Ing. Juan Carlos Baca y Dr. René Parra. Gracias a su constante colaboración con la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK. De la misma forma, agradezco al Ing. Luis Bravo de DECIBEL, quien de la forma más cordial, compartió los datos obtenidos por él en la campaña de monitoreo de ruido del año 2007.

Finalmente, agradezco a mi familia, por su apoyo y comprensión durante toda la realización del proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a mi querida Facultad, la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad SEK, ya que gracias a la preparación profesional que esta me brindó durante toda mi carrera universitaria, hoy tengo las herramientas académicas necesarias para permitirme realizar un proyecto de esta magnitud. Dedico también este trabajo a todos mis queridos profesores de facultad.

Adicionalmente dedico este trabajo a mi familia, que me apoyó incondicionalmente en todo momento, especialmente a mis padres, hermanos y sobrinos.

Finalmente, dedico este trabajo a la ciudad de Quito, deseando que éste sea un estudio que sirva para que a futuro contemos con un desarrollo urbano más ordenado.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	1
Abstract.....	3
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 La problemática del ruido en el DMQ.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Conceptos Básicos.....	7
2.2 Efectos del Ruido en la Salud.....	12
2.3 Marco Legal Aplicable: Norma Técnica para el control de ruido causado por fuentes fijas y móviles. Ordenanza Metropolitana No. 213.....	14
2.4 Marco Referencial: Guía para el ruido urbano de la Organización Mundial de la Salud.....	15
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	16
3.1 Distribución de las estaciones en la campaña de monitoreo.....	16
3.2 Metodología de división espacial del área de muestreo.....	16
3.3 Metodología de Monitoreo.....	18
3.3.1 Horarios de Monitoreo.....	18
3.3.2 Días de Monitoreo.....	18
3.3.3 Toma de Muestras.....	18
3.4 Procedimiento de Muestreo.....	19
3.4.1 Muestreo con Sonómetro Integrador.....	19
3.4.2 Muestreo con Sonómetro No-Integrador.....	20
3.5 Condiciones para el Muestreo.....	21
3.6 Metodología de registro de datos.....	22
3.7 Metodología de tratamiento de datos.....	22
3.7.1 Metodología de tratamiento de datos generados por un sonómetro no integrador.....	22
3.7.2 Metodología de comparación de resultados obtenidos con sonómetro integrador y sonómetro no integrador.....	23
3.7.3 Promedios Mensuales por cada cuartil, para cada horario:.....	25
3.7.4 Promedios Especiales:.....	25
3.7.5 Promedios Quimestrales por cada cuartil, de cada horario:.....	26
3.8 Metodología de integración de datos con el SIG.....	27
3.8.1 Georeferenciación de los puntos de muestreo.....	27
3.8.2 Unificación de las Coordenadas Geográficas.....	27
3.8.3 Análisis espacial de los datos mediante el programa “ArcMap”.....	28
3.9 Caracterización de las estaciones monitoreadas en la Zona 4.....	30

Mapa No.21: Promedio de ruido en la mañana: Estación LA DELICIA	72
Mapa No. 22: Promedio ruido en la tarde: Estación LA DELICIA.....	73
Mapa No.23: Promedio de ruido en la noche: Estación LA DELICIA.....	74
Mapa No. 24: Promedio de ruido diario: Estación LA DELICIA	75
Mapa No. 25: Promedio de ruido en la mañana: Estación COTOCOLLAO	76
Mapa No. 26: Promedio de ruido en la tarde: Estación COTOCOLLAO.....	77
Mapa No. 27: Promedio de ruido en la noche: Estación COTOCOLLAO	78
Mapa No. 28: Promedio de ruido diario: Estación COTOCOLLAO.....	79
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	80
5.1 Estación SOLCA.....	80
5.1.1 Análisis del Comportamiento espacial y temporal del ruido	80
5.1.2 Análisis de las características de la estación en relación al tipo de uso de suelo correspondiente y el cumplimiento a la normativa	81
5.2 Estación COFAVI	81
5.2.1 Análisis del Comportamiento espacial y temporal del ruido	81
5.2.2 Análisis de las características de la estación en relación al tipo de uso de suelo correspondiente y el cumplimiento a la normativa	81
5.3 Estación PABLO ARTURO SUÁREZ	82
5.3.1 Análisis del Comportamiento espacial y temporal del ruido	82
5.3.2 Análisis de las características de la estación en relación al tipo de uso de suelo correspondiente y el cumplimiento a la normativa	83
5.4 Estación LA DELICIA	83
5.4.1 Análisis del Comportamiento espacial y temporal del ruido	83
5.4.2 Análisis de las características de la estación en relación al tipo de uso de suelo correspondiente y el cumplimiento a la normativa	84
5.5 Estación COTOCOLLAO.....	84
5.5.1 Análisis del Comportamiento espacial y temporal del ruido	84
5.5.2 Análisis de las características de la estación en relación al tipo de uso de suelo correspondiente y el cumplimiento a la normativa	85
5.5.3 Análisis global de la Zona 4.....	85
5.6 Propuesta de Red de Monitoreo de Ruido Ambiental en el DMQ	86
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
6.1 Conclusiones.....	87
6.2 Recomendaciones.....	89
ANEXOS	92
ANEXO 1: Mapa de Estaciones monitoreadas.....	92
ANEXO 2: Mapa de Estaciones Monitoreadas y su Tipo de Uso de Suelo	93

3.9.1	Estación SOLCA	30
3.9.2	Estación COFAVI	31
3.9.3	Estación PABLO ARTURO SUÁREZ.....	33
3.9.4	Estación LA DELICIA	34
3.9.5	Estación COTOCOLLAO.....	36
3.10	Materiales	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		40
4.1	Tablas generales de datos	40
4.1.1	Estación SOLCA	40
4.1.2	Estación COFAVI	43
4.1.3	Estación PABLO ARTURO SUÁREZ.....	45
4.1.4	Estación LA DELICIA	47
4.1.5	Estación COTOCOLLAO.....	49
4.2	Mapas de Ruido	51
Mapa No. 1: Promedio diario de Ruido en el DMQ		52
Mapa No. 2: Promedio diario de ruido para la Zona 4.....		53
Mapa No. 3: Promedio de ruido en la mañana para el DMQ		54
Mapa No. 4: Promedio de ruido en la mañana para la Zona 4.....		55
Mapa No. 5: Promedio de ruido en la tarde en el DMQ		56
Mapa No. 6: Promedio de ruido en la tarde para la Zona 4.....		57
Mapa No.7: Promedio de ruido en la noche en el DMQ.....		58
Mapa No. 8: Promedio de ruido en la noche para la Zona 4		59
4.2.1	Mapas por Estación, por horarios.....	60
Mapa No. 9: Promedio de ruido en la mañana: Estación SOLCA.....		60
Mapa No. 10: Promedio de ruido en la tarde: Estación SOLCA.....		61
Mapa No.11: Promedio de ruido en la noche: Estación SOLCA.....		62
Mapa No.12: Promedio de ruido diario: Estación SOLCA		63
Mapa No. 13: Promedio de ruido en la mañana: Estación COFAVI		64
Mapa No. 14: Promedio de ruido en la tarde: Estación COFAVI		65
Mapa No. 15: Promedio de ruido en la noche: Estación COFAVI.....		66
Mapa No.16: Promedio de ruido diario: Estación COFAVI		67
Mapa No. 17: Promedio de ruido en la mañana: Estación PABLO ARTURO SUÁREZ		68
Mapa No. 18: Promedio de ruido en la tarde: Estación PABLO ARTURO SUÁREZ.....		69
Mapa No. 19: Promedio de ruido en la noche: Estación PABLO ARTURO SUÁREZ.....		70
Mapa No. 20: Promedio de ruido diario: Estación PABLO ARTURO SUÁREZ.....		71

ANEXO 3: Mapa de Densidad Poblacional en el DMQ.....	94
ANEXO 4: Mapa Promedio de ruido en la mañana, de la Campaña de Monitoreo de Ruido realizada por DECIBEL durante el 2007	95
ANEXO 5: Mapa Promedio de ruido en la tarde, de la Campaña de Monitoreo de Ruido realizada por DECIBEL durante el 2007	96
ANEXO 6: Registro Fotográfico	97
Figura No. 10: Foto satelital de la Estación SOLCA	97
Figura No. 11: Foto de la Estación SOLCA.....	97
Figura No. 12: Foto satelital de la Estación COFAVI	98
Figura No. 13: Foto de la Estación COFAVI	98
Figura No. 14: Foto satelital de la Estación PABLO ARTURO SUÁREZ	99
Figura No. 15: Foto de la Estación PABLO ARTURO SUÁREZ	99
Figura No. 16: Foto satelital de la Estación LA DELICIA	100
Figura No. 17: Foto de la Estación LA DELICIA	100
Figura No. 18: Foto satelital de la Estación COTOCOLLAO.....	101
Figura No. 19: Foto de la Estación COTOCOLLAO	101
ANEXO 7: Ordenanza Metropolitana No. 213	102
BIBLIOGRAFÍA.....	110

Resumen

Durante el último trimestre del año 2008, CORPAIRE propuso a la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK efectuar una campaña de monitoreo de ruido ambiental en 19 sitios del Distrito Metropolitano de Quito con el fin de que se elabore un estudio de los niveles de ruido ambiental para generar un mapa que muestre los niveles de ruido ambiental en la ciudad, y que finalmente se evalúen y recomienden los lugares indicados para implantar, a futuro, una red de monitoreo de ruido ambiental. Por motivos de logística, se dividió a la ciudad en 4 zonas. Las zonas 1, 2 y 4 contenían cada una 5 estaciones, mientras que la zona 3 comprendió 4 estaciones.

El monitoreo inició en el mes de febrero de 2009 y fue completado en junio de 2009. Con el fin de tener una muestra representativa, cada estación fue monitoreada al azar una vez por cada uno de los siete días de la semana, es decir que no se siguió un orden específico de monitoreo. El día de monitoreo para cada estación fue dividido en tres horarios; por la mañana de 06:00 a 11:59; por la tarde de 12:00 a 17:59 y por la noche de 18:00 a 24:00.

Cada estación fue subdividida en 16 cuartiles o puntos de monitoreo, cuatro por cada dirección cardinal. Los cuartiles están separados entre sí por 25 metros de longitud, con lo que se obtuvo 16 mediciones que abarcan 100 metros a la redonda del punto cero de la estación. A su vez, el tiempo de toma de muestra en cada cuartil fue de un minuto.

Este documento analiza los resultados de monitoreo obtenidos en la zona 4 del Distrito Metropolitano de Quito, que comprende las siguientes estaciones: SOLCA, COFAVI, Pablo Arturo Suárez, La Delicia y Cotocollao.

Los valores obtenidos corresponden al promedio de 5 meses, por cuartil y para cada uno de los tres horarios. Posteriormente, se elaboraron mapas de ruido usando el programa ArcGis, un conjunto de sistemas de información geográfica, que sirvió para mapear los puntos de monitoreo y mostrar el comportamiento espacial del ruido.

Finalmente, se comprueba que el ruido ambiental generado en la ciudad de Quito es producido principalmente por el parque automotor y en menor medida por los aviones que se encuentran aproximándose y alejándose del aeropuerto Mariscal Sucre.

Luego del respectivo análisis, el lugar que preferencialmente debería contar, a futuro, con una estación automática para la red de monitoreo de ruido en la ciudad de Quito, es la Estación La Delicia, debido a sus características especiales en cuanto a niveles de ruido y densidad poblacional, importantes actividades comerciales, ubicación estratégica respecto a nuevos polos de desarrollo comercial y cercanía con vías de elevada circulación vehicular.

Descriptores:

- | | |
|----------------------------|---|
| ▪ Límite máximo permisible | ▪ Sonómetro |
| ▪ Monitoreo | ▪ Tráfico Vehicular |
| ▪ Normativa | ▪ Nivel de Presión Sonora Equivalente (Leq) |
| ▪ Red | ▪ Mapa de Ruido Ambiental |
| ▪ Ruido ambiental | |
| ▪ SIG | |

Abstract

During the last semester of the year 2008, CORPAIRE presented to the Environmental Sciences Faculty of SEK International University, a proposal for making a campaign for monitoring the levels of environmental noise in 19 locations of the Metropolitan District of Quito, with the objective of creating a map that show the levels of environmental noise of the city and finally, to evaluate and recommend the adequate locations for the long-term implementation of a environmental noise network.

Due to logistical reasons, the city was divided into 4 zones. Zones 1, 2 and 4 contained 5 stations, and zone 3 contained 4 stations.

The monitoring was initiated in February of 2009 and completed in June of 2009. With the idea of having representativeness in the sampling campaign, each station was randomly monitored once per each day of the week, in other words, monitoring did not had a specific weekly order.

The day was divided into three schedules; in the morning, from 06:00 to 11:59, the afternoon from 12:00 to 17:59 and the night from 18:00 to 24:00.

Each station was subdivided into 16 quartiles or monitoring points, four per each cardinal direction. Quartiles are separated from one and other by 25 meters long, resulting in 16 measured values, which also cover a 100 meter radius, from the station's zenith. Additionally, the elapsed time for measuring each quartile was of 1 minute.

This document analyses the results from the monitoring of zone 4 of the Metropolitan District of Quito and focused in the following stations: SOLCA, COFAVI, Pablo Arturo Suárez, La Delicia and Cotocollao.

The results were obtained by averaging the values obtained in 5 months, per quartile and per each schedule. Later, using ArcGis, a geographic information system program, noise levels maps were developed, which was used of mapping the monitoring points as well as for displaying the spatial behavior of noise.

Finally, it is proved that environmental noise in the city of Quito is caused mainly by cars, and in a lesser extent by airplanes approaching and flying away from Mariscal Sucre airport.

After the due analysis, the location which preferentially should be considered to have an automatic noise monitoring station is Estación La Delicia, mainly due to individual special characteristics such as, high noise levels, high population density, important commercial activities, strategic location considering new commercial development sites and proximity with ways that have a high traffic rate.

Key words

- Environmental Noise
- Environmental Noise Map
- GIS
- Maximum allowable limit
- Monitoring
- Network
- Regulation
- Sound level meter
- Vehicular traffic
- Weighted Sound Pressure Level (Leq)

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Debido a la pujante economía de la ciudad, el Distrito Metropolitano de Quito afronta varios problemas ambientales, siendo de los de mayor consideración el ruido ambiental, calificado científicamente como Contaminación Acústica.

Debido a los problemas crónicos que genera el ruido, especialmente en la salud de las personas, se han desarrollado tecnologías de cuantificación del mismo tales como las sonometrías, que se basan en parámetros máximos permisibles que a su vez se encuentran establecidos en normativas o legislaciones. Sin embargo, las tecnologías antiguas, el bajo mantenimiento de los equipos, la falta de previsión en los sistemas de movilización masiva y la poca planificación urbana, entre otros factores, dificulta el cumplimiento de las normativas existentes.

El primer paso para que las normativas se acaten es la concienciación de la ciudadanía, específicamente en información relativa a las emisiones de ruido y calidad de ruido ambiente; por lo que es necesario para el Distrito Metropolitano de Quito, contar con un nuevo estudio que establezca los niveles reales de ruido y su distribución espacial en la ciudad, que a diferencia de los estudios existentes, se fundamente en una metodología que permita obtener valores reales y ubique las causas del ruido ambiental en aquellas zonas sometidas a una alta contaminación acústica. Dicho estudio debe ser complementado con mapas de ruido, que identifiquen aquellas zonas de la ciudad con una contaminación acústica que rebase los límites permisibles establecidos en la normativa para este componente ambiental y a la vez, identifique las causas del ruido ambiental. Finalmente, este estudio debe servir de base científica para que se tomen los correctivos necesarios para mitigar los efectos del ruido y por último, para diseñar la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito.

En parte, este trabajo está basado en un estudio anterior realizado para CORPAIRE por la empresa DECIBEL en el año 2007. En este se monitorearon 76 puntos en todo el Distrito Metropolitano de Quito. Sin embargo la metodología aplicada en el estudio del 2007 es un tanto diferente a la que se utilizó en el presente trabajo, principalmente en el tiempo de integración de

datos, ya que en el estudio mencionado, el tiempo de toma de muestra en cada estación fue de diez minutos.

El objetivo principal para la realización de este trabajo fue generar un mapa de contaminación acústica en el Distrito Metropolitano de Quito, que sirva de base para crear la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de la ciudad, en la zona Centro Norte de la Ciudad.

Adicionalmente, se buscó determinar aquellas zonas en las cuales las emisiones de ruido ambiental superen la normativa respectiva, establecer los factores que influyen la fluctuación del ruido en cada uno de los puntos de muestreo establecidos, y finalmente, recomendar a CORPAIRE, en base a la información anterior, los lugares adecuados para el establecimiento de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito.

Los resultados de este estudio tienen gran importancia para la ciudad, ya que servirán para el diseño y la creación de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito. Esta Red de Monitoreo proveerá el sustento técnico para una futura revisión de la normativa que regula la emisiones de ruido, y dotará de una base de datos para la generación de una normativa específica que regule el ruido ambiental, así como para la toma de decisiones y correctivos necesarios para la disminución de la generación de ruido en los mayores focos de emisión, disminuyendo así los efectos provocados en la salud a causa del ruido ambiente de la ciudad de Quito.

1.2 La problemática del ruido en el DMQ

El Distrito Metropolitano de Quito está dividido en 8 Administraciones Zonales, que contienen a 65 parroquias, de las cuales 32 son urbanas y 33 rurales. En total el DMQ abarca una superficie de 12000 km².¹

El casco urbano de la ciudad de Quito está edificado sobre una meseta a manera de un valle, que presenta en su costado occidental un macizo montañoso que rebasa los 4000 msnm, y por su

¹ Dirección Metropolitana de Planificación Territorial (2006). Fondo parroquial de Quito. Disponible en: http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_1_cartografia_basica/9_1_1_1.html